



# **DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE CONEXIÓN A RED DE 105 KW**

***DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA***

Autor: David Iglesia Corcuera

Tutor: Vicente Salas Merino



# ÍNDICE

1. Objetivos del proyecto
2. Situación y emplazamiento
3. Descripción de un SFCR
4. Dimensionamiento del sistema mediante Sunny Design
5. Distribución de los principales elementos de la instalación
6. Diseño y dimensionamiento del cableado
7. Accesorios eléctricos y protecciones
8. Presupuesto
9. Conclusiones
10. Trabajos futuros



# ÍNDICE

1. Objetivos del proyecto
2. Situación y emplazamiento
3. Descripción de un SFCR
4. Dimensionamiento del sistema mediante Sunny Design
5. Distribución de los principales elementos de la instalación
6. Diseño y dimensionamiento del cableado
7. Accesorios eléctricos y protecciones
8. Presupuesto
9. Conclusiones
10. Trabajos futuros



# OBJETIVOS DEL PROYECTO

- Aprovechamiento del gran recurso energético solar y de la cubierta de una bodega de vinos, mediante el diseño de una instalación fotovoltaica de conexión a red de 105 KW
- Búsqueda de la rentabilidad económica de la misma, basándose en la venta de la producción energética obtenida a la compañía distribuidora
- Fomentar la energía solar como fuente de producción de energía limpia, así como para la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero
- Descentralizar la generación de energía para disminuir las pérdidas por transporte



# ÍNDICE

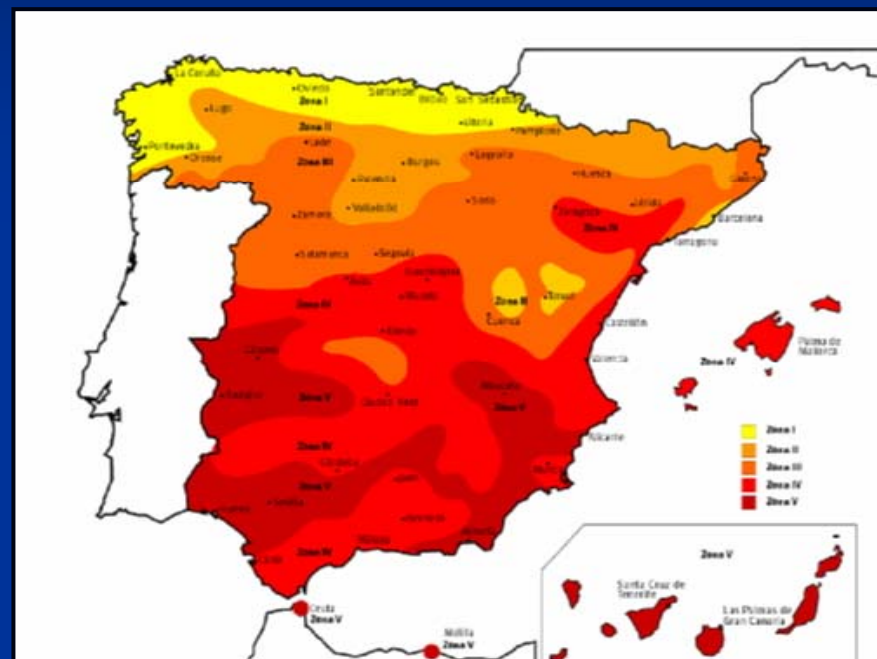
1. Objetivos del proyecto
2. Situación y emplazamiento
3. Descripción de un SFCR
4. Dimensionamiento del sistema mediante Sunny Design
5. Distribución de los principales elementos de la instalación
6. Diseño y dimensionamiento del cableado
7. Accesorios eléctricos y protecciones
8. Presupuesto
9. Conclusiones
10. Trabajos futuros



# SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO (I)



Mapa político de España



Mapa de irradiación solar

Comunidad Autónoma de Extremadura - Provincia de Badajoz





# SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO (II)



Mapa de Badajoz



Vista aérea de la bodega

Coordenadas Geográficas: 38° 41' N 006° 24' O

Altitud: 337 m



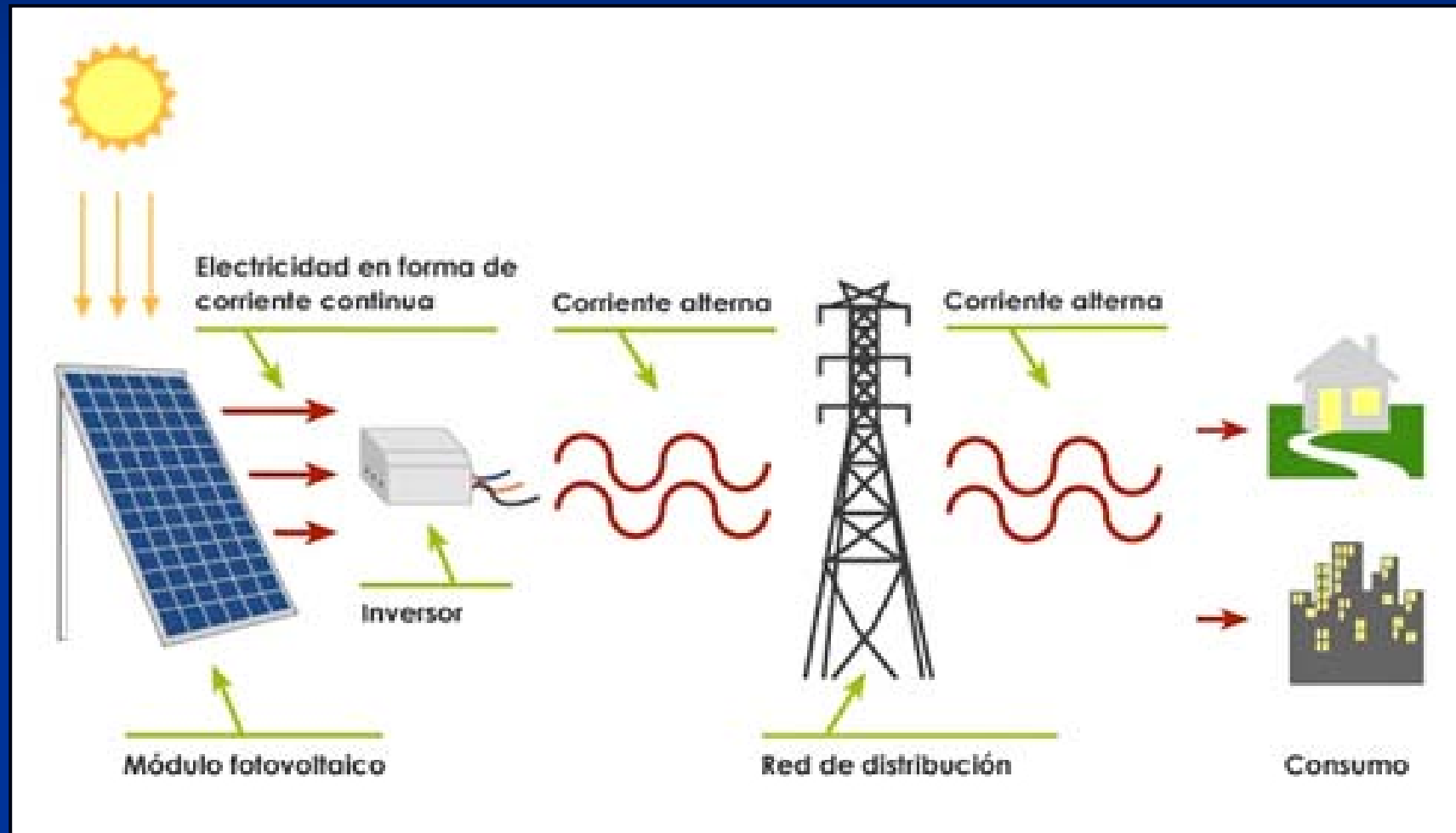
# ÍNDICE

1. Objetivos del proyecto
2. Situación y emplazamiento
3. Descripción de un SFCR
4. Dimensionamiento del sistema mediante Sunny Design
5. Distribución de los principales elementos de la instalación
6. Diseño y dimensionamiento del cableado
7. Accesorios eléctricos y protecciones
8. Presupuesto
9. Conclusiones
10. Trabajos futuros





# DESCRIPCIÓN DE UN SFCR





# ÍNDICE

1. Objetivos del proyecto
2. Situación y emplazamiento
3. Descripción de un SFCR
4. Dimensionamiento del sistema mediante Sunny Design
5. Distribución de los principales elementos de la instalación
6. Diseño y dimensionamiento del cableado
7. Accesorios eléctricos y protecciones
8. Presupuesto
9. Conclusiones
10. Trabajos futuros



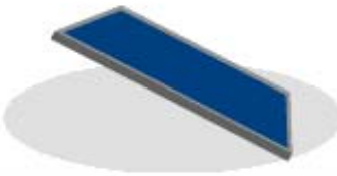
# DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA MEDIANTE SUNNY DESIGN (I)

| Emplazamiento                  |         |
|--------------------------------|---------|
| País                           | Spain   |
| Localidad                      | Sevilla |
| Temp. del módulo FV            |         |
| Temp. FV mínima [°C]           | -10     |
| Temp. de dimensionamiento [°C] | 50      |
| Temp. FV máxima [°C]           | 70      |

| Módulos   |                  |
|---|------------------|
| <input type="checkbox"/> mostrar solamente módulos actuales |                  |
| Fabricante  | Sharp            |
| Tipo de módulo  | NU-S0E3E (180 W) |
| <button>Nuevo módulo</button>                               |                  |
| Dimensionado de la instalación                              |                  |
| <input type="radio"/> Número de módulos:                    |                  |
| <input checked="" type="radio"/> Potencia pico [kWp]:       | 105,00           |

| Ángulo de inclinación                          |    |
|--|----|
| Ángulo de inclinación                          | 30 |
| <input checked="" type="checkbox"/> optimizado |    |

| Ángulo acimutal                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Acimut                               | 0 |
| <input type="checkbox"/> Seguimiento |   |





# DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA MEDIANTE SUNNY DESIGN (II)

## Tipo de inversor

Selección de categoría

Sunny Mini Central SMC 5000A



Sunny Mini Central SMC 5000A  
Potencia máxima CC: 5,75 kW  
Potencia máxima CA: 5,5 kW

## Configuración del sistema

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| Potencia nominal del generador FV  | 105,84 kW |
| Superficie del generador FV        | 783,3 m²  |
| Número de inversores               | 21        |
| Potencia máxima de CC del inversor | 120,75 kW |
| Potencia máxima de CA del inversor | 115,50 kW |
| Tensión de red [V]                 | 230       |

## Lista de comprobación FV/inversor

### Compatible con FV/inversor

|  |          |
|--|----------|
| Número total de módulos                            | 588      |
| Relación de potencia nominal                       | 114 % ✓  |
| Potencia del String (entrada)                      | 5,04 kW  |
| Proporción de potencia (entrada)                   | 100 %    |
| Tensión MPP String en 15 °C                        | 346 V ✓  |
| Tensión MPP String en 50 °C                        | 295 V ✓  |
| Tensión MPP String en 70 °C                        | 266 V ✓  |
| Tensión MPP mínima, tensión de red ajustada: 230 V | 246 V    |
| Tensión en vacío String -10 °C                     | 471 V ✓  |
| Tensión de CC máxima permitida inversor            | 600 V    |
| Corriente máxima del generador FV                  | 15,2 A ✓ |
| Corriente continua máx. permitida                  | 19,5 A   |
| Número de Strings (inversor: 4 entradas)           | 2        |
| Número de módulos por String min=14; max=17        | 14       |



# ÍNDICE

1. Objetivos del proyecto
2. Situación y emplazamiento
3. Descripción de un SFCR
4. Dimensionamiento del sistema mediante Sunny Design
5. Distribución de los principales elementos de la instalación
6. Diseño y dimensionamiento del cableado
7. Accesorios eléctricos y protecciones
8. Presupuesto
9. Conclusiones
10. Trabajos futuros

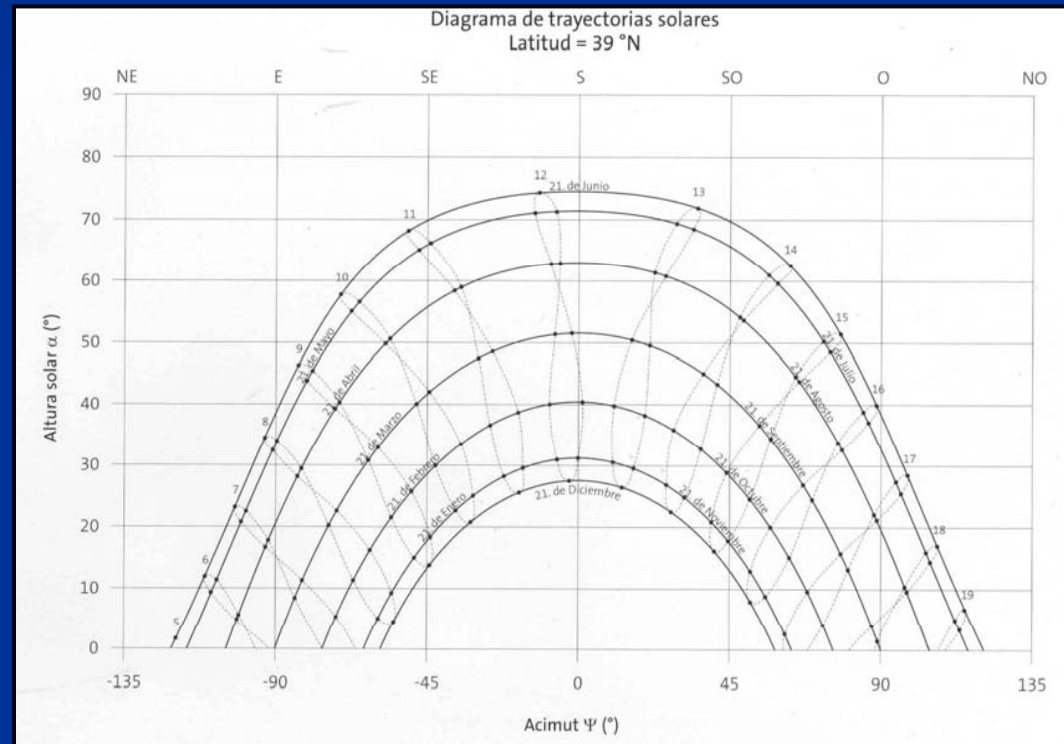
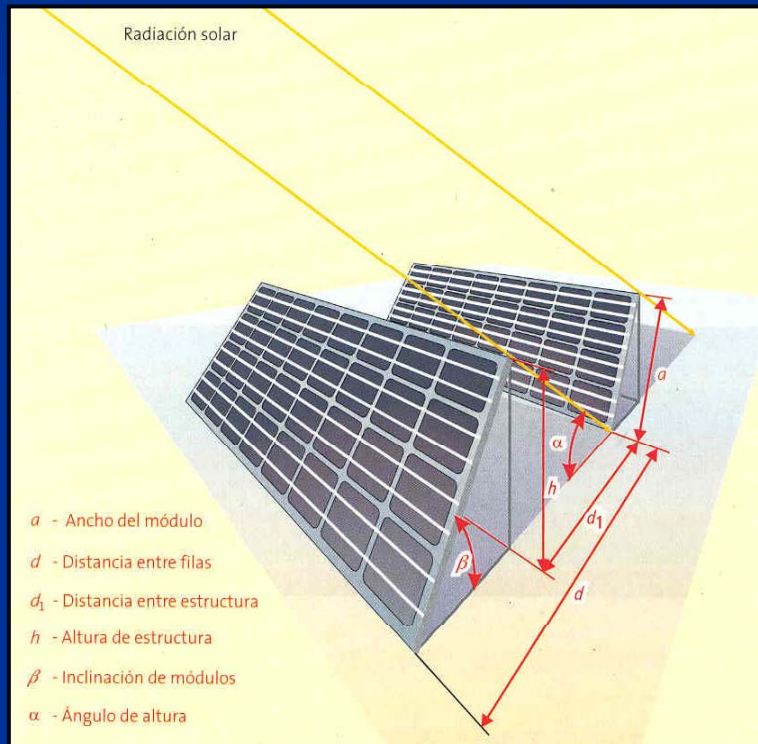






# DISTRIBUCIÓN DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN (II)

✓ Sombras producidas por la propia instalación



$$d = a \cdot \frac{\text{sen}(180^\circ - \beta - \alpha)}{\text{sen} \alpha} = 1,318 \cdot \frac{\text{sen}(180^\circ - 30^\circ - 26,7^\circ)}{\text{sen} 26,7^\circ} = 2,45m$$

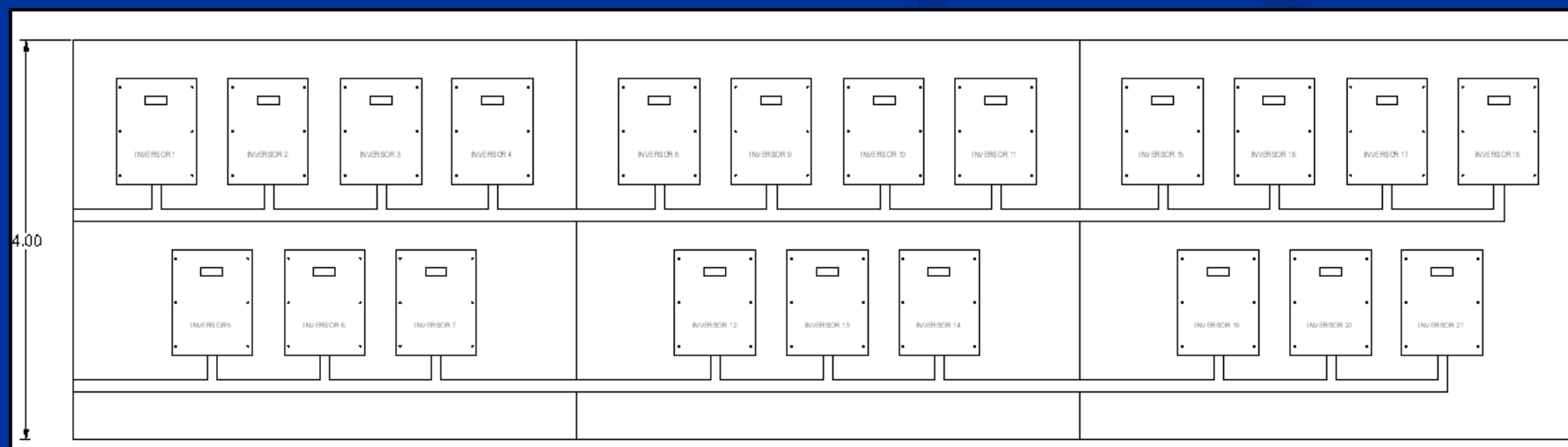


# DISTRIBUCIÓN DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN (III)

## 2. Ubicación de los inversores dentro de la sala



Recogida de datos integrados en el inversor los datos se leen en un display y son analizados con un PC, datalogger externo transmisión de datos al Sunny Portal.





# ÍNDICE

1. Objetivos del proyecto
2. Situación y emplazamiento
3. Descripción de un SFCR
4. Dimensionamiento del sistema mediante Sunny Design
5. Distribución de los principales elementos de la instalación
6. Diseño y dimensionamiento del cableado
7. Accesorios eléctricos y protecciones
8. Presupuesto
9. Conclusiones
10. Trabajos futuros



# DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL CABLEADO (I)

## 1. Cableado de los ramales

- ✓ Unen los módulos entre sí y con la caja de conexiones

$$S_R = \frac{2 \cdot L_R \cdot I_{CC(STC)}}{1\% \cdot U_{PMP(STC)} \cdot \kappa} = \frac{2 \cdot 16 \cdot 8,37}{1\% \cdot 23,7 \cdot 14 \cdot 56} = 1,44 \text{ mm}^2 \Rightarrow 4 \text{ mm}^2$$

$$\theta(4 \text{ mm}^2) = \frac{2 \cdot L_R \cdot I_{CC(STC)}}{S_R \cdot U_{PMP(STC)} \cdot \kappa} = \frac{2 \cdot 16 \cdot 8,37}{4 \cdot 14 \cdot 23,7 \cdot 56} = 0,0036 = \underline{0,36\% < 1\% \rightarrow \text{Correcto}}$$

Donde:

|                |   |                                      |
|----------------|---|--------------------------------------|
| $L_R$          | Longitud del cable                          | [m]                                  |
| $I_{CC(STC)}$  | Corriente de cortocircuito del ramal en STC | [A]                                  |
| $U_{PMP(STC)}$ | Tensión del ramal en STC                    | [V]                                  |
| $\kappa$       | Conductividad del cobre                     | [m / ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )] |



# DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL CABLEADO (II)

## 2. Cableado principal en CC

- ✓ Unen cada una de las cajas de conexiones con su inversor

$$S_{R}^{MIN} = \frac{2 \cdot L_R \cdot 2 \cdot I_{CC(STC)}}{1\% \cdot U_{PMP(STC)} \cdot \kappa} = \frac{2 \cdot 17,5 \cdot 8,37 \cdot 2}{1\% \cdot 14 \cdot 23,7 \cdot 56} = 3,15 \text{ mm}^2 \Rightarrow 16 \text{ mm}^2$$

$$S_{R}^{MAX} = \frac{2 \cdot L_R \cdot 2 \cdot I_{CC(STC)}}{1\% \cdot U_{PMP(STC)} \cdot \kappa} = \frac{2 \cdot 55 \cdot 8,37 \cdot 2}{1\% \cdot 14 \cdot 23,7 \cdot 56} = 10,1 \text{ mm}^2 \Rightarrow 16 \text{ mm}^2$$

$$\theta_{MIN}(16 \text{ mm}^2) = \frac{2 \cdot L_R \cdot 2 \cdot I_{CC(STC)}}{S_R \cdot U_{PMP(STC)} \cdot \kappa} = \frac{2 \cdot 17,5 \cdot 8,37 \cdot 2}{16 \cdot 14 \cdot 23,7 \cdot 56} = 0,0019 \Rightarrow 0,19\%$$

$$\theta_{MAX}(16 \text{ mm}^2) = \frac{2 \cdot L_R \cdot 2 \cdot I_{CC(STC)}}{S_R \cdot U_{PMP(STC)} \cdot \kappa} = \frac{2 \cdot 55 \cdot 8,37 \cdot 2}{16 \cdot 14 \cdot 23,7 \cdot 56} = 0,0062 \Rightarrow \underline{0,62\%}$$

$$\theta_{TOTALES}^{CC} = \theta(4 \text{ mm}^2) + \theta_{MAX}(16 \text{ mm}^2) = 0,36\% + 0,62\% = \underline{0,98\% < 1\% \Rightarrow \text{Correcto}}$$



# DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL CABLEADO (III)

## 3. Cableado en CA

✓ Tramo 1: Desde el inversor al embarrado

La corriente que circulará por los conductores del primer tramo, es:

$$I = \frac{P}{U_N} = \frac{5000}{230} = 21,74A$$

Por seguridad, se debe diseñar el cableado para soportar al menos un 125% de esta corriente, cumpliendo con lo indicado en el REBT para instalaciones generadoras, por lo que tendría que soportar como mínimo el paso de una corriente de 27,1A.

$$S_{C1} = \frac{2 \cdot L_{C1} \cdot I_{N(INV)} \cdot \cos \phi}{5\% \cdot U_N \cdot \kappa} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 27,1 \cdot 1}{5\% \cdot 230 \cdot 34} = 2,77 \text{ mm}^2$$

$$\theta_{C1}^{-1}(16 \text{ mm}^2) = \frac{2 \cdot L_{C1} \cdot I_{N(INV)} \cdot \cos \phi}{S_{C1} \cdot U_N \cdot \kappa} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 27,1 \cdot 1}{16 \cdot 230 \cdot 34} = 0,0087 \Rightarrow \underline{0,87\%}$$





# DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL CABLEADO (IV)

- ✓ Tramo 2: Desde el embarrado al centro de transformación agrupa las salidas de cada inversor en 3 fases y neutro, siete por cada fase

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \phi} = \frac{105000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 151,55 A$$

$$S_{C1} = \frac{\sqrt{3} \cdot L_{C1} \cdot I_{N(INV)} \cdot \cos \phi}{5\% \cdot U_N \cdot \kappa} = \frac{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 189,44 \cdot \cos 0^\circ}{5\% \cdot 400 \cdot 34} = 14,47 mm^2$$

$$\theta_{C1}^2(95mm^2) = \frac{\sqrt{3} \cdot L_{C1} \cdot I_{N(INV)} \cdot \cos \phi}{S_{C1} \cdot U_N \cdot \kappa} = \frac{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 189,44 \cdot \cos 0^\circ}{95 \cdot 400 \cdot 34} = 0,0076 \Rightarrow \underline{0,76\%}$$

$$\theta_{C1}^1(16mm^2) + \theta_{C1}^2(95mm^2) = 0,87\% + 0,76\% = \underline{1,63\%} < 5\% \Rightarrow \text{Correcto}$$

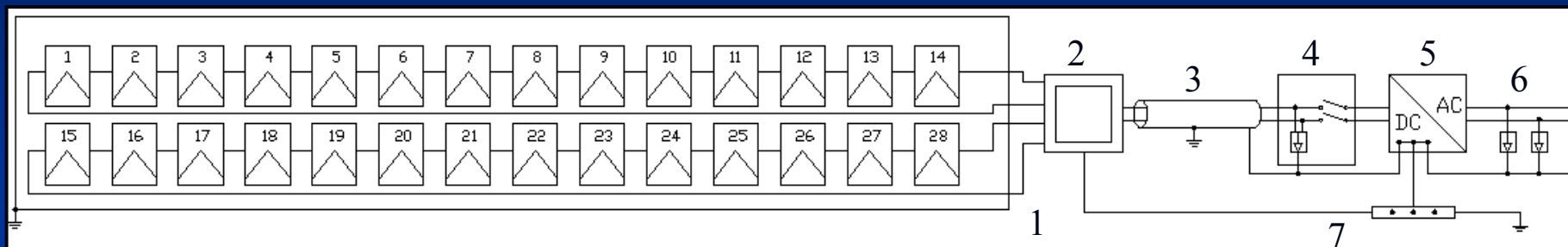


# ÍNDICE

1. Objetivos del proyecto
2. Situación y emplazamiento
3. Descripción de un SFCR
4. Dimensionamiento del sistema mediante Sunny Design
5. Distribución de los principales elementos de la instalación
6. Diseño y dimensionamiento del cableado
7. Accesorios eléctricos y protecciones
8. Presupuesto
9. Conclusiones
10. Trabajos futuros



# ACCESORIOS ELÉCTRICOS Y PROTECCIONES (I)

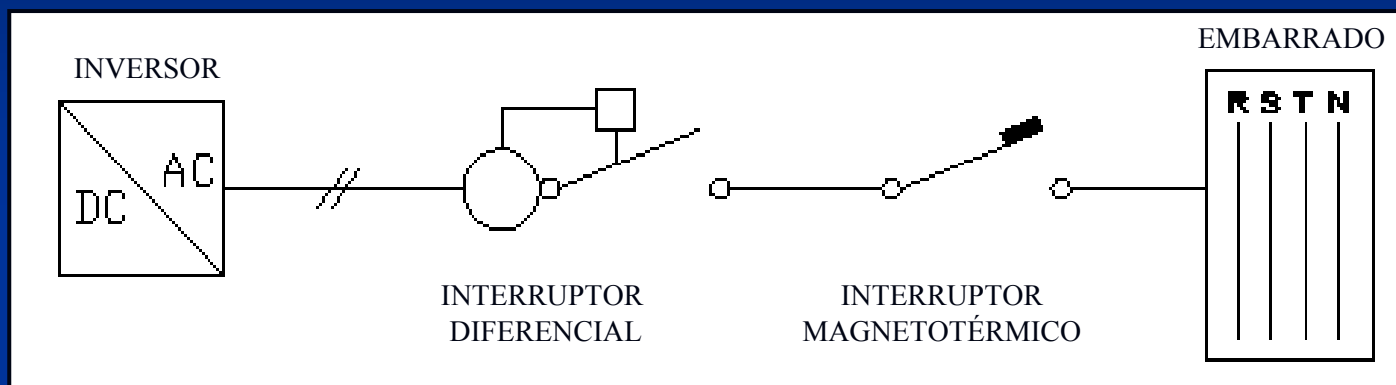


1. Campo solar 14 x 2
2. Caja de conexiones: 4 fusibles PV intensidad de corte de 10 A  
2 descargadores de sobretensiones de tipo 1
3. Cable apantallado
4. Interruptor de conexión DC y descargador de sobretensiones tipo 1
5. Inversor
6. Descargadores de sobretensiones tipo 3
7. Punto de puesta a tierra

Este circuito se repetirá 7 veces por cada una de las fases R, S y T.



# ACCESORIOS ELÉCTRICOS Y PROTECCIONES (II)

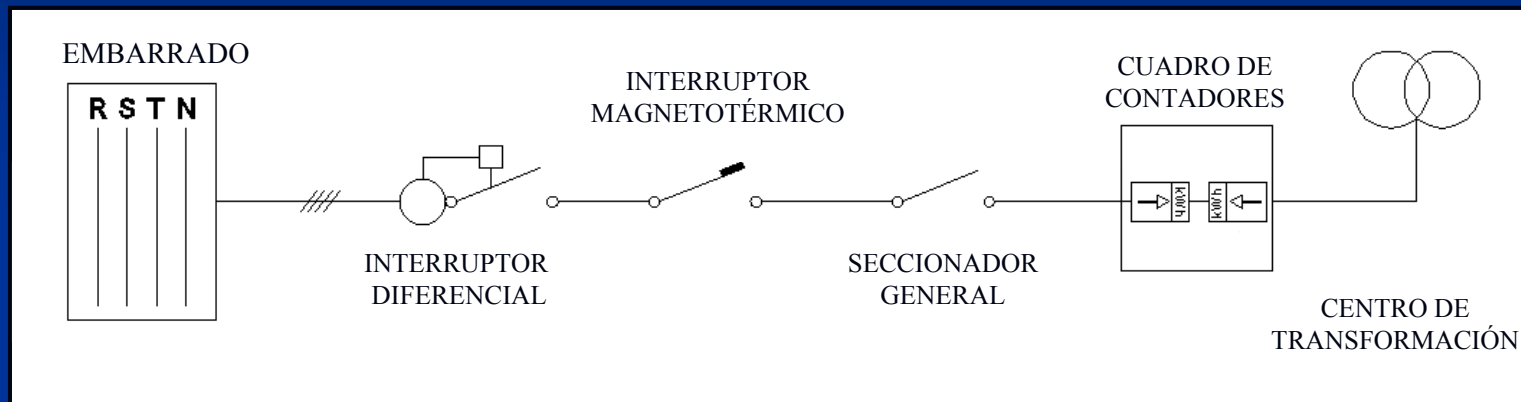


- ✓ **Int. Diferencial:** Proteger a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores activos y tierra.
- ✓ **Int. Magnetotérmico:** Dispositivo que interrumpe la corriente eléctrica cuando esta sobrepasa ciertos valores máximos.

Al igual que ocurrió con el circuito anterior este también se repetirá 7 veces por cada una de las tres fases R, S y T.



# ACCESORIOS ELÉCTRICOS Y PROTECCIONES (III)



- ✓ **Seccionador general:** En caso de necesidad corta el tránsito de corriente eléctrica por toda la instalación.
- ✓ **Cuadro de contadores:** Salida, mide la energía producida por la instalación. Entrada, mide el consumo propio de la instalación.
- ✓ **Centro de transformación:** Punto donde se realiza el vertido de energía eléctrica a la red, 400 KVA.



# ÍNDICE

1. Objetivos del proyecto
2. Situación y emplazamiento
3. Descripción de un SFCR
4. Dimensionamiento del sistema mediante Sunny Design
5. Distribución de los principales elementos de la instalación
6. Diseño y dimensionamiento del cableado
7. Accesorios eléctricos y protecciones
8. Presupuesto
9. Conclusiones
10. Trabajos futuros





# PRESUPUESTO

## RESUMEN PRESUPUESTO

| CAPÍTULOS                         | IMPORTE   | %     |
|-----------------------------------|-----------|-------|
| C1: Campo Solar Fotovoltaico      | 401.398 € | 86,85 |
| C2: Instalaciones en Baja Tensión | 3.417 €   | 0,75  |
| C3: Otros Gastos                  | 57.344 €  | 12,41 |
| Total presupuesto:                | 462.159 € |       |



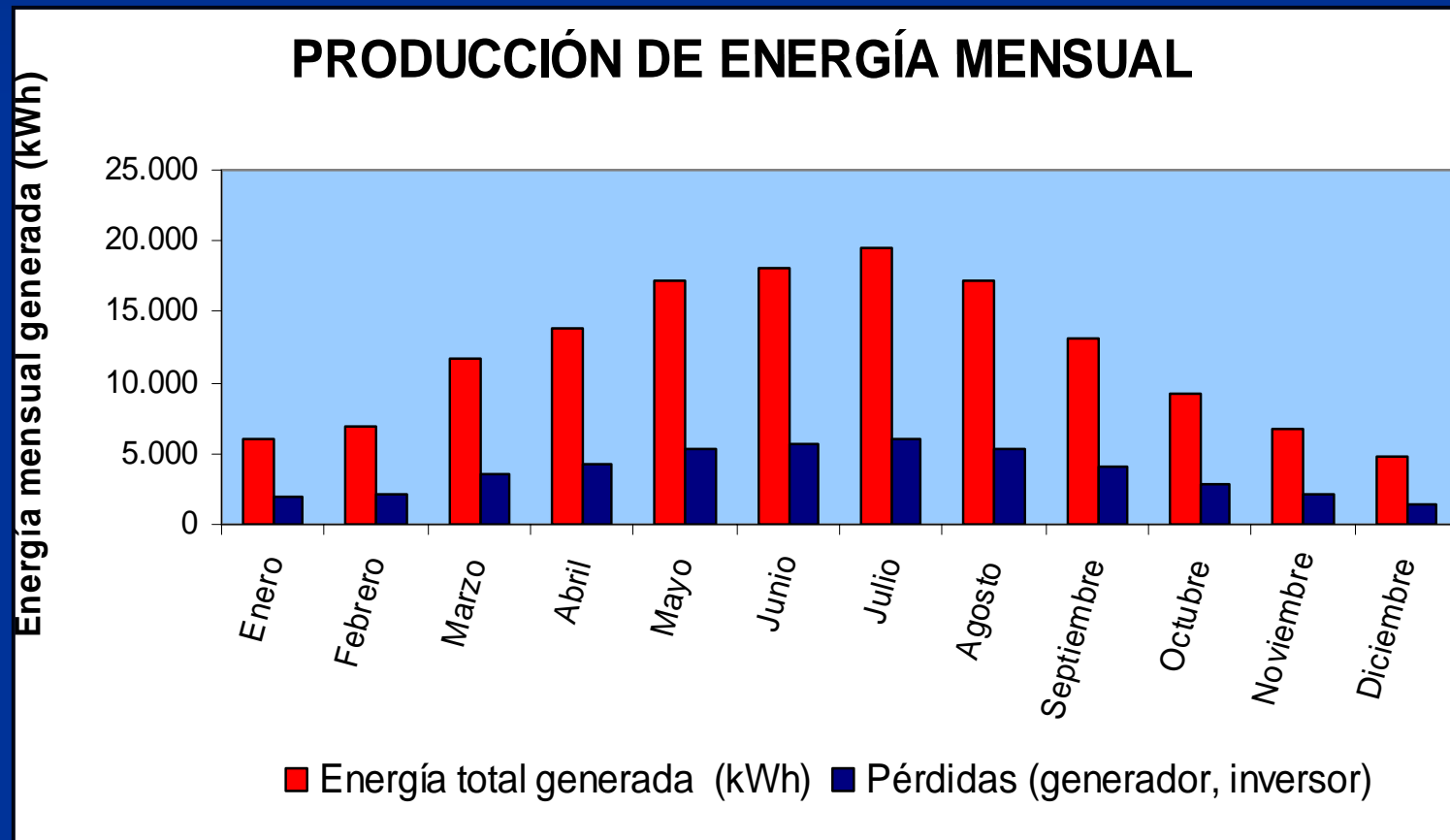
# ÍNDICE

1. Objetivos del proyecto
2. Situación y emplazamiento
3. Descripción de un SFCR
4. Dimensionamiento del sistema mediante Sunny Design
5. Distribución de los principales elementos de la instalación
6. Diseño y dimensionamiento del cableado
7. Accesorios eléctricos y protecciones
8. Presupuesto
9. Conclusiones
10. Trabajos futuros



# CONCLUSIONES (I)

## 1. Análisis del balance energético





## CONCLUSIONES (II)

| Mes          | Energía inyectada a la red eléctrica. (kWh) | Producción (x0,32€/kWh) |
|--------------|---|-------------------------|
| Enero        | 6.077,90                                    | 1944,93                 |
| Febrero      | 6.921,82                                    | 2214,98                 |
| Marzo        | 11.627,29                                   | 3720,73                 |
| Abril        | 13.809,53                                   | 4419,05                 |
| Mayo         | 17.176,67                                   | 5496,54                 |
| Junio        | 18.156,98                                   | 5810,23                 |
| Julio        | 19.554,98                                   | 6257,59                 |
| Agosto       | 17.176,67                                   | 5496,54                 |
| Septiembre   | 13.042,34                                   | 4173,55                 |
| Octubre      | 9.248,98                                    | 2959,67                 |
| Noviembre    | 6.649,03                                    | 2127,69                 |
| Diciembre    | 4.756,62                                    | 1522,12                 |
| <b>TOTAL</b> | <b>144.198,81</b>                           | <b>46143,62</b>         |

Ganancias obtenidas mensualmente con respecto al RD 1578/2008

El consumo medio anual de un hogar español es de 2.125 kWh → 67 familias



## CONCLUSIONES (III)

### 2. Impacto medioambiental positivo

- ✓ Contribuye a la reducción de las emisiones de gases invernadero
- ✓ Ayuda a conseguir el compromiso de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% del consumo total e intentar alcanzar un 29,4% de generación eléctrica con energía renovable para el 2010
- ✓ La Unión Europea ha asumido el protocolo de Kyoto y las energías renovables son una de las herramientas para conseguir las metas de Kyoto, cuyo objetivo es reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global en un 5%, entre 2008 y 2012, en comparación de las emisiones al año 1990
- ✓ Células fotovoltaicas fabricadas con silicio a partir de la arena, elemento muy abundante
- ✓ Disminución anual de emisiones, gracias a la instalación:

$\text{CO}_2 \rightarrow 86.519,3 \text{ kg}$        $\text{SO}_2 \rightarrow 1.918,8 \text{ kg}$        $\text{NO}_x \rightarrow 240,81 \text{ kg}$



# ÍNDICE

1. Objetivos del proyecto
2. Situación y emplazamiento
3. Descripción de un SFCR
4. Dimensionamiento del sistema mediante Sunny Design
5. Distribución de los principales elementos de la instalación
6. Diseño y dimensionamiento del cableado
7. Accesorios eléctricos y protecciones
8. Presupuesto
9. Conclusiones
10. Trabajos futuros





# TRABAJOS FUTUROS

- Para un aumento de potencia de la instalación fotovoltaica se colocará un seguidor solar debidamente programado con la potencia deseada.
- Si el centro de transformación de la bodega no fuese suficiente, para dicha ampliación, se debería de diseñar y calcular un nuevo centro de transformación, alojado en la misma finca.
- Abordar dicha instalación fotovoltaica, mediante un único inversor central trifásico de alta potencia.



FIN